

10 / 519141

URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

27 DEC 2005

PCT/PL03/000040



ZAŚWIADCZENIE

AMMONO Sp. z o.o.
Warszawa, Polska

REC'D 07 JAN 2004

WIPO PCT

NICHIA CORPORATION
Tokushima-Ken, Japonia

złożyli w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej dnia 26 czerwca 2002 r. podanie o udzielenie patentu na wynalazek pt. „Podłoże do epitaksji.”

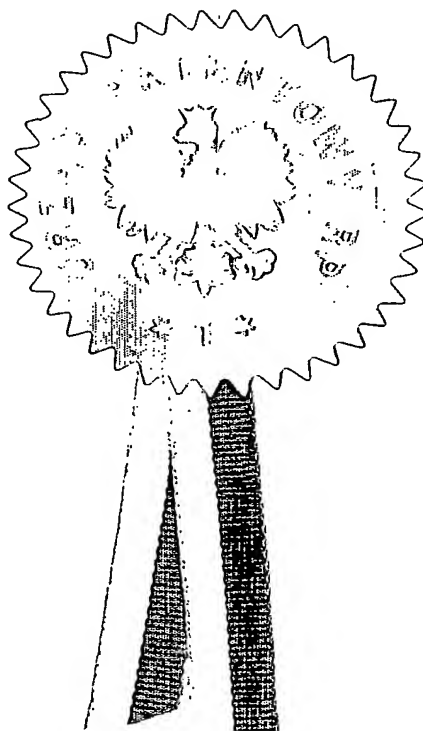
Dołączone do niniejszego zaświadczenia opis wynalazku, zastrzeżenia patentowe i rysunki są wierną kopią dokumentów złożonych przy podaniu w dniu 26 czerwca 2002 r.

Podanie złożono za numerem P-354740 .

Warszawa, dnia 10 grudnia 2003 r.

z upoważnienia Prezesa

inż. Barbara Zabczyk
Naczelnik



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

3

Podłoże do epitaksji

Niniejszy wynalazek dotyczy podłoża do epitaksji otrzymywanego w wyniku bocznego narastania monokrystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII (IUPAC, 1989).

Początkowo, ze względu na brak dostatecznej ilości kryształów azotków pierwiastków grupy XIII, jako podłoża do epitaksji takich azotków stosowano płytki wykonane z kryształów tlenkowych, takich jak tlenek glinu Al_2O_3 zwany szafirem, lub kryształów węgliku krzemu SiC . Warstwy azotków otrzymywane bezpośrednio na tych podłożach charakteryzowały się jednak wysoką powierzchniową gęstością dyslokacji powodowaną różnicą parametrów sieci krystalicznej azotku i szafiru (lub SiC) oraz różnicą współczynników rozszerzalności cieplnej obu materiałów. Wysoka powierzchniowa gęstość dyslokacji znacznie ograniczała czas funkcjonowania laserów półprzewodnikowych wykonywanych na takich podłożach.

Aby poprawić trwałość półprzewodnikowych laserów azotkowych wytwarzało się je następnie na podłożu szafirowym pokrytym warstwą azotkową o niskiej gęstości dyslokacji, otrzymywaną na ogół w innych warunkach niż warstwy tworzące sam laser. W tym wypadku powierzchniowa gęstość dyslokacji jest rzędu $10^8/\text{cm}^2$. Jest to jednak nadal zbyt duża wartość dla zapewnienia wystarczającego okresu trwałości laserów.

Kolejnym sposobem obniżenia powierzchniowej gęstości dyslokacji, zastosowanym w metodach epitaksji z fazy gazowej, takich jak MOCVD (*Metallo-Organic Chemical Vapor Deposition*) czy HVPE (*Halide Vapor Phase Epitaxy*), był wzrost półprzewodnika azotkowego metodą bocznego narastania ELOG (*Epitaxial Lateral Overgrowth*). Jednak w wyżej wymienionych metodach wzrostu z fazy gazowej, mimo utworzenia warstwy

azotkowej w wyniku bocznego narastania, możliwości zmniejszenia gęstości dyslokacji są nadal ograniczone. Głównymi przyczynami trudności jest z jednej strony niezrównoważony wzrost kryształu i związane z tym trudności w wytworzeniu warstw monokrystalicznych o większej grubości, z drugiej zaś – obecność heterowarstwy szafirowej.

Celem tego wynalazku jest rozwiązanie powyższych problemów.

Cel ten osiągnięto poprzez opracowanie podłoża do epitaksji według wynalazku z warstwą uzyskaną w wyniku bocznego narastania, która nie powstała jednak metodą wzrostu z fazy gazowej.

Podłoże do epitaksji otrzymane w wyniku bocznego narastania monokrystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII (IUPAC, 1989), według wynalazku cechuje się tym, że zawiera monokrystaliczną warstwę azotkową, wytworzoną poprzez krystalizację w wyniku bocznego narastania azotku pierwiastków grupy XIII w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak, na wielu odpowiednio oddalonych od siebie powierzchniach rozmieszczonych na podłożu pierwotnym, podatnych na boczne narastanie azotków.

Korzystnie, monokrystaliczna warstwa azotkowa jest wytworzona w wyniku bocznego narastania w temperaturze niższej niż 600°C.

Korzystnie, monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania, wraz ze wzrostem grubości ma jakość tą samą lub lepszą.

W podłożu do epitaksji według wynalazku, monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania ma grubość powyżej 1 μm , korzystnie powyżej 10 μm , najkorzystniej powyżej 100 μm .

Podłoże do epitaksji według wynalazku, korzystnie zawiera podłoże pierwotne z krystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII, korzystnie azotku galu - GaN.

Alternatywnie, podłoże do epitaksji według wynalazku, zawiera podłoże pierwotne z materiału krystalicznego takiego jak szafir, spinel, ZnO, SiC lub Si, przy czym podłoże pierwotne z materiału reagującego z nadkrytycznym roztworem zawierającym amoniak pokryte jest przed wytworzeniem monokrystalicznej warstwy azotkowej warstwą ochronną, korzystnie z azotku pierwiastków grupy XIII lub z metalicznego srebra.

Zgodnie z wynalazkiem, podłoże do epitaksji zawiera monokrystaliczną warstwę azotkową wytworzoną w wyniku bocznego

narastania azotku o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$.

Korzystnie, podłoże do epitaksji według wynalazku zawiera monokrystaliczną warstwę wytworzoną w wyniku bocznego narastania azotku galu - GaN.

Zgodnie z wynalazkiem, monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania zawiera również pierwiastki takie jak Ni, Cr, Co, Ti, Fe, Al, Si oraz Mn.

Podłoże do epitaksji według wynalazku cechuje się także tym, że niektóre lub wszystkie powierzchnie inne niż powierzchnie podatne na boczne narastanie pokryte zostały przed wytworzeniem monokrystalicznej warstwy azotkowej warstwą maskującą.

Podłoże do epitaksji według obecnego wynalazku charakteryzuje się tym, że na podłożu pierwotnym, wytworzonym z półprzewodnika azotkowego (np. z GaN) bądź też na podłożu pierwotnym, w którym płytka (*wafer*) z szafiru, spinelu, ZnO, SiC lub Si została uprzednio pokryta warstwą ochronną, na przykład z półprzewodnika azotkowego, przynajmniej na jednej stronie utworzono powierzchnie podatne na boczne narastanie, na których w procesie krystalizacji z nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak wytworzona została monokrystaliczna warstwa półprzewodnika azotkowego o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, gdzie $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$.

Tak uzyskaną monokrystaliczną warstwę azotkową otrzymaną w wyniku bocznego narastania cechuje niska gęstość dyslokacji, a wykorzystanie tej warstwy jako podłoża dla azotkowych laserów półprzewodnikowych pozwala wydłużyć czas życia laserów.

Na załączonym rysunku ilustrującym rozwiązanie według wynalazku Fig. 1-3 ilustrują kolejne fazy wytwarzania trzech przykładowych typów podłoży do epitaksji według wynalazku z monokrystaliczną warstwą azotkową uzyskaną w wyniku bocznego narastania, zaś Fig. 4 przedstawia przekrój azotkowego lasera półprzewodnikowego w formie opisanej w niniejszym wynalazku.

Jak przedstawiono na Fig. 1, powierzchnie 6 podatne na boczne narastanie można utworzyć poprzez częściowe pokrycie podłoża pierwotnego 3 warstwą maskującą 4. Nad tą warstwą maskującą 4 wytwarzana jest w wyniku bocznego narastania monokrystaliczna warstwa azotkowa 7. Dlatego też wskazane jest, by warstwa maskująca 4 nie rozpuszczała się lub ewentualnie bardzo słabo rozpuszczała się w nadkrytycznym roztworze zawierającym amoniak. Może ona być wytworzona na przykład z

metalicznego srebra - Ag. Warstwę maskującą można zabezpieczyć także pozostałe – wszystkie lub niektóre - powierzchnie podłoża pierwotnego.

Jak to pokazano na Fig. 2, monokrystaliczna warstwa azotkowa 7, otrzymana w wyniku bocznego narastania, może być też wytworzona na podłożu pierwotnym 3 o powierzchni ukształtowanej w formie pasków 5. W tym przypadku została ona wytworzona na bocznych ścianach 6 pasków 5. Można również prowadzić boczne narastanie tej warstwy na wybranych ścianach bocznych 6.

Jak przedstawiono na Fig. 3, monokrystaliczna warstwa azotkowa 7 może być wytworzona tylko na części podłoża pierwotnego 3. W efekcie, powierzchniowa gęstość dyslokacji warstwy 7 jest istotnie niższa niż podłoża pierwotnego 3. W tym przypadku podłoże pierwotne 3 zastało częściowo pokryte warstwą maskującą 4, a monokrystaliczna warstwa azotkowa 5 wzrastała od otworów warstwy maskującej 4 w górę i na boki, przez co uzyskano paski z półprzewodnika azotkowego o przekroju poprzecznym przypominającym słupki w kształcie litery T. Po usunięciu warstwy maskującej 4 pozostają wyłącznie owe słupki w kształcie litery T, na których w wyniku bocznego narastania wytworzona zostaje dalsza monokrystaliczna warstwa azotkowa 7.

Aby na podłożu do epitaksji według obecnego wynalazku uzyskać warstwę z monokrystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$, której jakość nie ulega obniżeniu ze wzrostem grubości zaleca się jej wytwarzanie w stosunkowo niskiej temperaturze. Jest to możliwe przy zastosowaniu metody krystalizacji w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak opisaną w polskim opisie patentowym nr PL (zgłoszenie nr P-347918 z dnia 6 czerwca 2001 r.). Zgodnie z tą metodą krystalizację pożądanego azotku pierwiastków grupy XIII prowadzi się na powierzchni zarodka. W przypadku niniejszego wynalazku - na powierzchniach rozmieszczonych na podłożu pierwotnym, podatnych na boczne narastanie azotków. W tych warunkach możliwe jest wytworzenie w wyniku bocznego narastania na odpowiednio ukształtowanym, opisanym wyżej podłożu pierwotnym monokrystalicznej warstwy azotkowej w temperaturze niższej niż 600°C , a korzystnie niższej niż 550°C . Realizacja metody krystalizacji w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak w typowym autoklawie wysokociśnieniowym powoduje, że wyżej uzyskana w wyniku bocznego narastania monokrystaliczna warstwa azotkowa zawiera również pierwiastki takie jak Ni, Cr, Co, Ti, Fe, Al, Si oraz Mn. Zaleca się, by w podłożu do epitaksji według wynalazku grubość monokrystalicznej warstwy azotkowej otrzymanej w wyniku bocznego narastania była wyższa niż $1\ \mu\text{m}$.

Poniżej, przedstawiony zostanie korzystny przykład realizacji obecnego wynalazku. W przykładzie tym, kolejne fazy procesu wytwarzania podłoża do epitaksji według wynalazku, z monokrystaliczną, półprzewodnikową warstwą azotkową otrzymaną w wyniku bocznego narastania przedstawione zostały na rysunku Fig. 2, obrazującym przekrój poprzeczny podłoża do epitaksji.

W pierwszym etapie na płytce z szafiru 1, o powierzchni zorientowanej prostopadle do osi c, w temperaturze 500°C, przy użyciu wodoru jako nośnika gazowego oraz substratów gazowych: amoniaku i TMG (trójmetylogalu), naniesiono warstwę buforową 2, na której w zwykłej temperaturze wzrostu osadzono metodą MOCVD warstwę półprzewodnika azotkowego 3, który typowo charakteryzuje się przewodnictwem typu n (Fig. 2-A). Grubość warstwy buforowej 2 wynosi od 50 do 500 angstrémów. Nie ma natomiast ograniczeń co do grubości warstwy półprzewodnika azotkowego 3, innych niż ograniczenia wynikające z metody jej osadzania.

Następnie, wyżej wymienioną warstwę półprzewodnika azotkowego 3 poddano trawieniu, tak by uzyskać powierzchnię o strukturze równoległych pasków 5 (Fig. 2-B). Z uwagi na fakt, iż w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak płytka szafirowa 1 reaguje z roztworem, co niekorzystnie wpływa na jakość wytwarzanej w tym środowisku monokrystalicznej warstwy azotkowej, odsłonięte powierzchnie szafiru 1 należy pokryć zabezpieczającą warstwą maskującą 4. Warstwa maskująca 4 powinna być utworzona z materiału, który nie rozpuszcza się w nadkrytycznym roztworze zawierającym amoniak, albo też - nawet jeśli się rozpuszcza - to nie stanowi niepożądanego domieszki w wytwarzanej monokrystalicznej warstwie azotkowej. Takim materiałem jest przykładowo metaliczne srebro - Ag.

W kolejnym etapie, na tak przygotowanym podłożu pierwotnym 3, metodą krystalizacji w środowisku roztworu nadkrytycznego zawierającego amoniak, wytworzono w wyniku bocznego narastania monokrystaliczną warstwę azotkową 7. W tym celu podłoże pierwotne umieszczono w autoklawie wysokociśnieniowym. W autoklawie oprócz podłoża umieszczono materiał źródłowy, z którego ma powstać monokrystaliczna warstwa azotkowa, oraz mineralizator. Po wprowadzeniu amoniaku autoklaw szczelnie zamknięto i przeprowadzono roztwór w stan nadkrytyczny stosując odpowiednią kontrolę temperatury.

Powyższy autoklaw podzielony jest na strefę wyższych temperatur i strefę niższych temperatur. Podłoże pierwotne przygotowane jak pokazano na rysunku Fig. 2-B - stanowiące kryształ zarodkowy niezbędny w

zastosowanej metodzie wzrostu monokryształu azotkowego, umieszczony został w strefie wyższych temperatur, a materiał źródłowy - w strefie niższych temperatur. Szczelnie zamknięty autoklaw utrzymywano w stałych warunkach przez okres siedemdziesięciu godzin. W ten sposób, w stosunkowo niskich temperaturach nie przekraczających 600°C , w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak, wytworzona została w wyniku bocznego narastania pożądana warstwa 7 monokrystalicznego azotku o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$ (Fig. 2-D).

Sposób z zastosowaniem nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak jest sposobem wytwarzania półprzewodników azotkowych, opartym na istnieniu ujemnego współczynnika temperaturowego rozpuszczalności związków o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$ w środowisku nadkrytycznego rozpuszczalnika zawierającego amoniak oraz jony metali alkalicznych.

Ujemny współczynnik temperaturowy rozpuszczalności oznacza, że wyżej określone azotki wykazują niższą rozpuszczalność w zakresie wyższych temperatur, zaś wyższą rozpuszczalność w niższych temperaturach. Podłoże pierwotne jest zatem umieszczane w komorze reakcyjnej autoklawu w strefie wyższych temperatur, tj. w strefie krystalizacji, a materiał źródłowy w strefie niższych temperatur - w strefie rozpuszczania. Dzięki temu w strefie niższych temperatur następuje rozpuszczanie materiału źródłowego w nadkrytycznym rozpuszczalniku. Jednocześnie, w układzie wytwarzany jest konwekcyjny transport masy, w wyniku którego rozpuszczony materiał źródłowy jest transportowany ze strefy niższych temperatur do strefy wyższych temperatur i w strefie tej utrzymywane jest odpowiednie przesycenie roztworu, co powoduje selektywny wzrost azotków na zarodkach. W omawianym procesie wytwarzania podłoża do epitaksji według wynalazku funkcję zarodka spełnia opisane wyżej podłoże pierwotne.

Cechą charakterystyczną zastosowanej metody narastania bocznego monokrystalicznej warstwy azotku o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$ w środowisku nadkrytycznego rozpuszczalnika zawierającego amoniak, w porównaniu z metodami wytwarzania warstw azotkowych z fazy gazowej w temperaturach ponad 900°C jest fakt, iż pozwala ona na wytwarzanie monokrystalicznych warstw azotkowych w temperaturach istotnie niższych niż owe 900°C , korzystnie niższych niż 600°C , a najkorzystnie niższych niż 550°C .

Jako materiał źródłowy może być stosowany GaN lub jego prekursor. GaN może być stosowany w formie płytek uzyskanych metodami wzrostu z

fazy gazowej, takimi jak HVPE czy MOCVD, bądź też omówioną wyżej metodą krystalizacji w środowisku nadkrytycznego rozpuszczalnika zawierającego amoniak. Jako prekursor azotku galu mogą być stosowane związki wybrane z grupy obejmującej azydek galu, amidek galu, metaliczny gal lub ich mieszaniny.

Jako mineralizator stosowane mogą być metale alkaliczne, ich związki i mieszaniny. Metale alkaliczne mogą być wybrane spośród Li, Na, K, Rb i Cs, zaś ich związki mogą być wybrane spośród wodorków, amidków, imidków, amido-imidków, azotków oraz azydków.

Wyżej wymieniony autoklaw wysokociśnieniowy zbudowany jest typowo ze stopu zawierającego zasadniczo Ni, Cr i Co, ale zawierającego również takie pierwiastki jak Ti, Fe, Al, Si oraz Mn.

Zaleca się, by w podłożu do epitaksji według wynalazku monokrystaliczna warstwa $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, gdzie $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$, otrzymana w wyniku bocznego narastania 7 miała grubość większą niż $1 \mu\text{m}$, a korzystnie od 10 do $300 \mu\text{m}$.

Kolejny sposób wytwarzania podłoża z warstwą otrzymaną w wyniku bocznego narastania polega na tym, że na wyżej wymienionej płytce z szafiru 1 - po osadzeniu warstwy buforowej 2 - metodą HVPE utworzono warstwę z półprzewodnika azotkowego 3 o grubości ponad $30 \mu\text{m}$. Następnie na powierzchni warstwy 2 utworzono paski 5 i usunięto szafir 1. Na tak przygotowanym podłożu pierwotnym w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak wytworzono w wyniku bocznego narastania monokrystaliczną warstwę azotkową 7.

Ponadto, jako podłoże pierwotne można zastosować podłoże, którego warstwa półprzewodnika azotkowego 3 została częściowo pokryta warstwą maskującą.

Zgodnie z wynalazkiem, jako podłoże pierwotne 3 można zastosować również podłoże z krystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII, korzystnie z azotku galu wytworzone także metodą krystalizacji w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak.

Podłoże do epitaksji według wynalazku znajduje zastosowanie w azotkowym laserze półprzewodnikowym, który otrzymuje się poprzez kolejne epitaksjalne osadzanie warstw azotkowych na podłożu do epitaksji według wynalazku, z monokrystaliczną warstwą azotkową 7, otrzymaną w wyniku bocznego narastania:

- warstwy podkontaktowej typu n 8 - z GaN,

- warstwy zapobiegającej pęknięciom 9 - z niedomieszkowanego InGa_N,
- warstwy okładkowej (emitera) typu n 10 - w postaci supersieci AlGa_N,
- warstwy falowodowej typu n 11 - z Ga_N,
- obszaru czynnego 12 - z InGa_N w formie jednej lub wielu studni kwantowych,
- warstwy ograniczającej typu p 13 - z AlGa_N,
- warstwy falowodowej typu p 14 - z Ga_N,
- warstwy okładkowej typu p 15 w postaci supersieci AlGa_N, i
- warstwy podkontaktowej typu p 16 z Ga_N.

Po osadzeniu powyższych warstw, całość poddana zostaje wygrzaniu w urządzeniu MOCVD w atmosferze azotu i temperaturze 700°C, co dodatkowo zmniejsza oporność elektryczną warstw z półprzewodnika azotkowego typu p.

Po wygrzaniu i zabezpieczeniu zewnętrznej powierzchni warstwy podkontaktowej, wytrawia się paski i odsłania zwierciadła rezonatora oraz powierzchnię warstwy podkontaktowej typu n. Utworzoną na powierzchni warstwy podkontaktowej typu p powłokę ochronną z SiO₂ usuwa się metodą mokrego trawienia.

W typowym procesie obróbki podzespołu tworzy się grzbiety (*ridge*), które następnie pokrywane są warstwą wypełniającą 17 z ZrO₂. W szczytowej części grzbietów tworzy się elektrody typu p 18 tak, by stykały się z warstwą podkontaktową typu p 16 z zapewnieniem kontaktu omowego. Następnie, na powierzchni warstwy podkontaktowej typu n 8 tworzy się elektrody typu n 19 ułożone równolegle do elektrod typu p. Wytwarza się również powłokę izolacyjną z SiO₂ / TiO₂, która dzięki naprzemiennemu ułożeniu warstw SiO₂ i TiO₂ oraz temu, że pokrywa cały element (oprócz elektrod typu p i n), pełni przy pobudzaniu lasera funkcję warstwy odbijającej promieniowanie 20. W dalszej kolejności wytwarzane są pola kontaktowe typu p 21 i typu n 22. W ten sposób otrzymujemy gotowy azotkowy laser półprzewodnikowy (Fig. 4).

Tak wytworzone azotkowe lasery półprzewodnikowe wyposażane są również w ciepłowód (*heat sink*) w celu efektywnego odprowadzania ciepła. Dzięki podwyższeniu jakości monokrystalicznej warstwy azotkowej w zastosowanym w tym laserze podłożu do epitaksji według wynalazku, a co za tym idzie podwyższeniu progu COD (Catastrophic Optical Damage) można oczekiwać, że średni czas życia lasera pracującego w trybie ciągłym – przy

gęstości prądu progowego $2,0 \text{ kA/cm}^2$, mocy 100 mW i długości fali światła 405 nm – ulegnie istotnemu wydłużeniu.

Zgłaszający:

1. AMMONO Sp. z o.o.
2. NICHIA CORPORATION

Pełnomocnik:



Ewa Malewska
Rzecznik patentowy

Zastrzeżenia patentowe

1. Podłoże do epitaksji, otrzymane w wyniku bocznego narastania monokrystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII (IUPAC, 1989), znamienne tym, że zawiera monokrystaliczną warstwę azotkową wytworzoną poprzez krystalizację azotku pierwiastków grupy XIII w środowisku nadkrytycznego roztworu zawierającego amoniak, na wielu odpowiednio oddalonych od siebie powierzchniach rozmieszczonych na podłożu pierwotnym, podatnych na boczne narastanie azotków.
2. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona jest w wyniku bocznego narastania w temperaturze niższej niż 600°C.
3. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania wraz ze wzrostem grubości ma jakość tą samą lub lepszą.
4. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania ma grubość powyżej 1 μm , korzystnie powyżej 10 μm , najkorzystniej powyżej 100 μm .
5. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera podłoże pierwotne z krystalicznego azotku pierwiastków grupy XIII.
6. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera podłoże pierwotne z azotku galu - GaN.
7. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera podłoże pierwotne z materiału krystalicznego, takiego jak szafir, spinel, ZnO, SiC lub Si, przy czym podłoże pierwotne z materiału reagującego z nadkrytycznym roztworem zawierającym amoniak pokryte jest przed wytworzeniem monokrystalicznej warstwy azotkowej warstwą ochronną, korzystnie z azotku pierwiastków grupy XIII lub z metalicznego srebra.

8. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera monokrystaliczną warstwę azotkową wytworzoną w wyniku bocznego narastania azotku o wzorze ogólnym $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x-y}\text{In}_y\text{N}$, w którym $0 \leq x+y \leq 1$, zaś $0 \leq x \leq 1$ i $0 \leq y \leq 1$.

9. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że zawiera monokrystaliczną warstwę azotkową wytworzoną w wyniku bocznego narastania azotku galu – GaN.

10. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że monokrystaliczna warstwa azotkowa wytworzona w wyniku bocznego narastania zawiera również pierwiastki takie jak Ni, Cr, Co, Ti, Fe, Al, Si oraz Mn.

11. Podłoże według zastrz. 1, znamienne tym, że niektóre lub wszystkie powierzchnie inne niż powierzchnie podatne na boczne narastanie zostały pokryte przed wytworzeniem monokrystalicznej warstwy azotkowej warstwą maskującą.

Zgłaszający:

1. AMMONO Sp. z o.o.

2. NICHIA CORPORATION

Pełnomocnik:



Ewa Malewska

Rzecznik patentowy

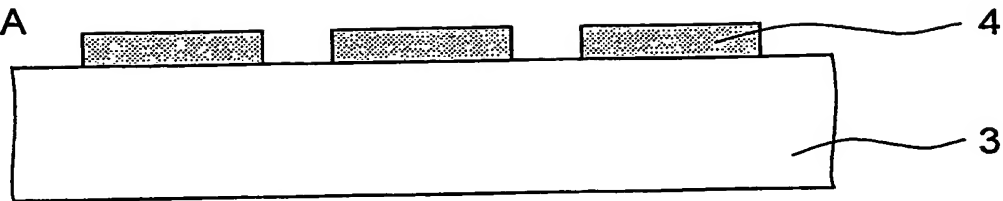
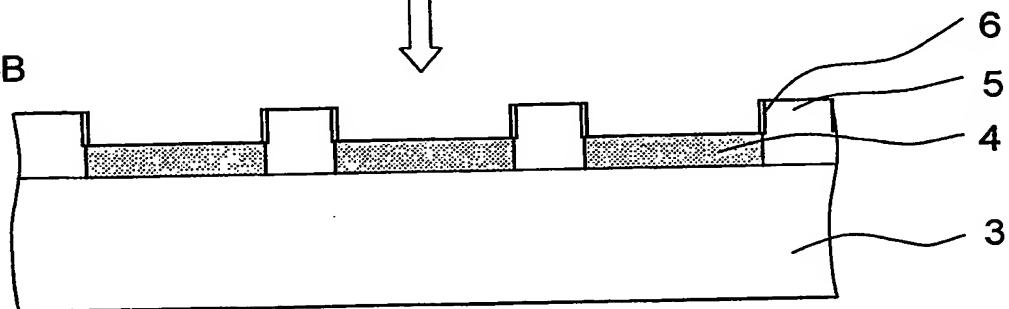
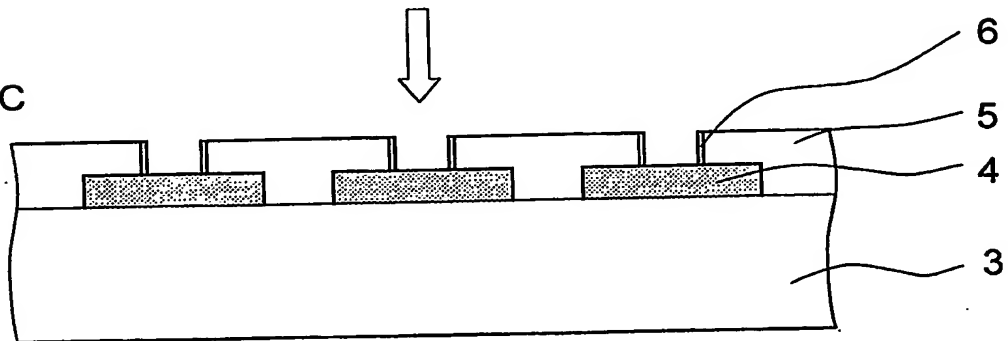
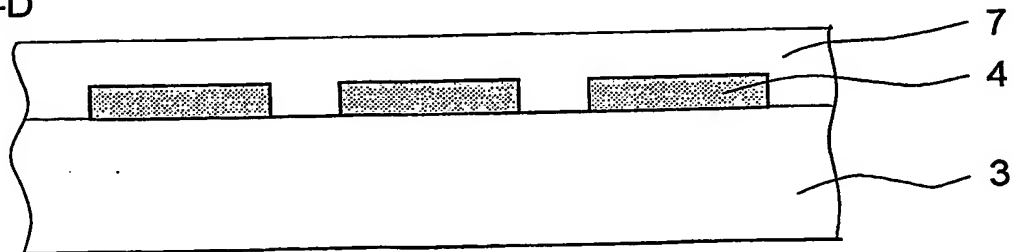
Fig. 1**Fig. 1-A****Fig. 1-B****Fig. 1-C****Fig. 1-D**

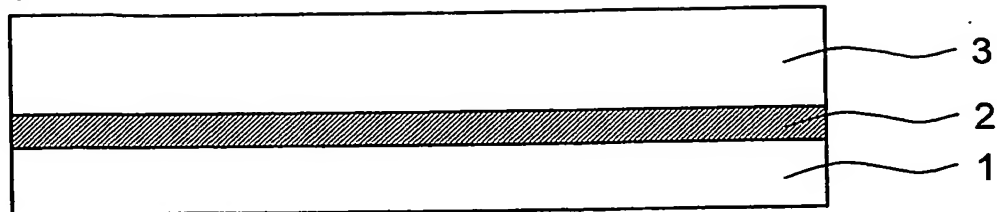
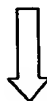
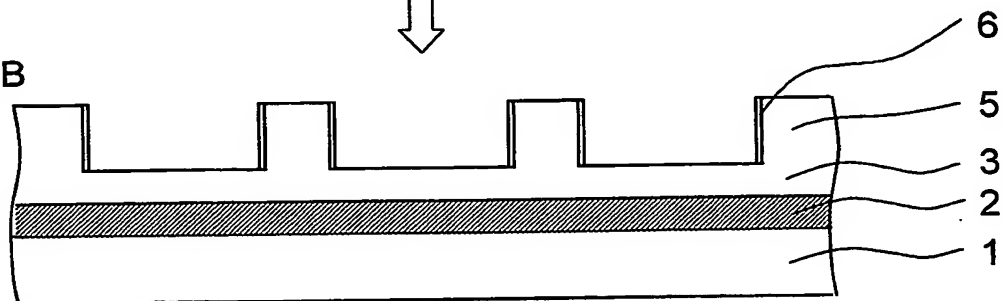
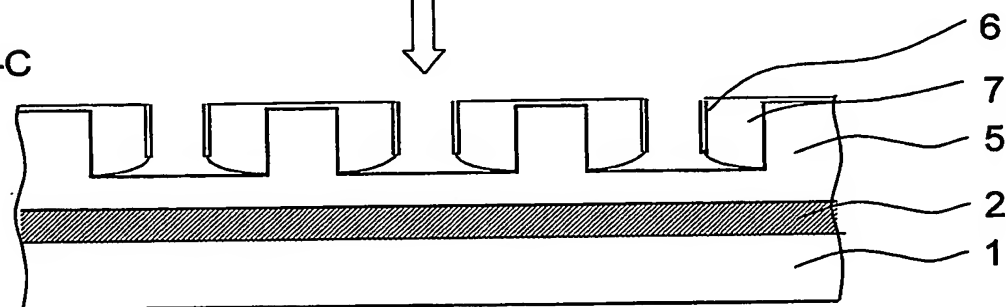
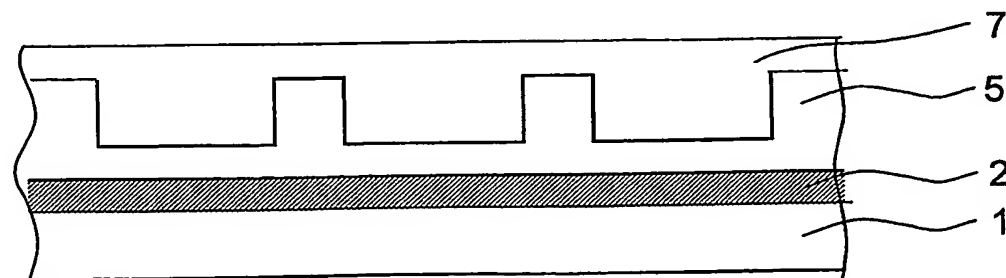
Fig. 2**Fig. 2-A****Fig. 2-B****Fig. 2-C****Fig. 2-D**

Fig. 3

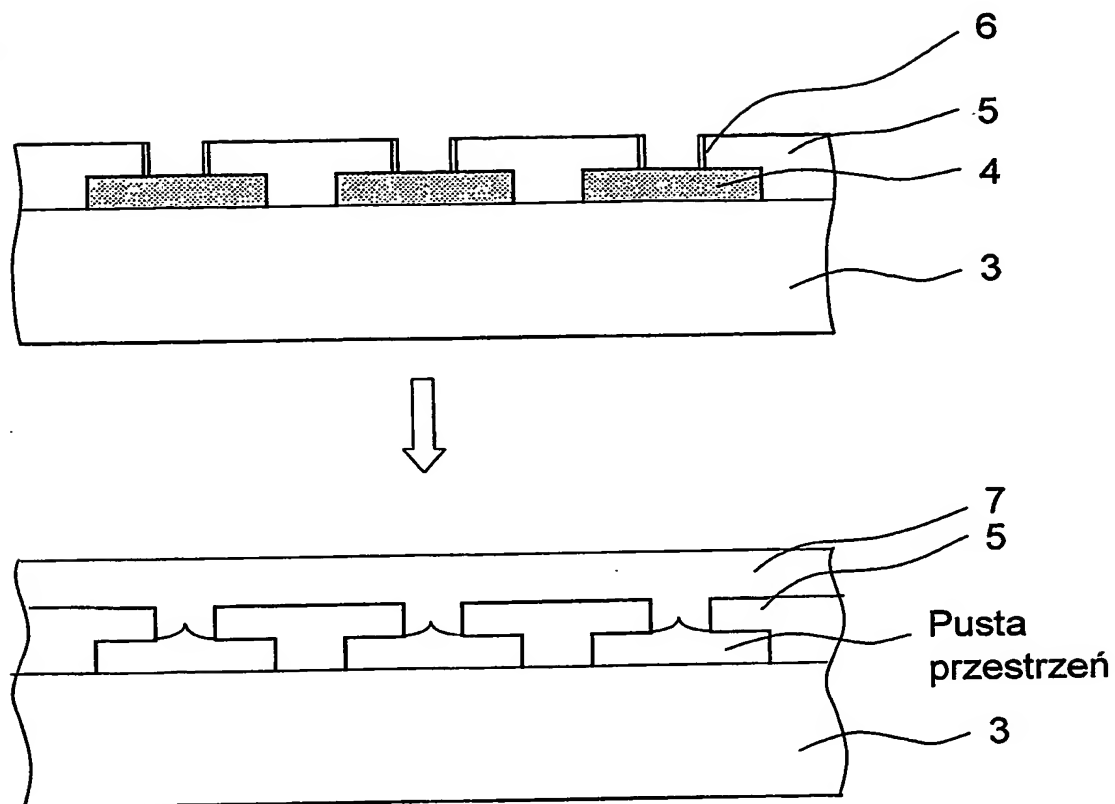
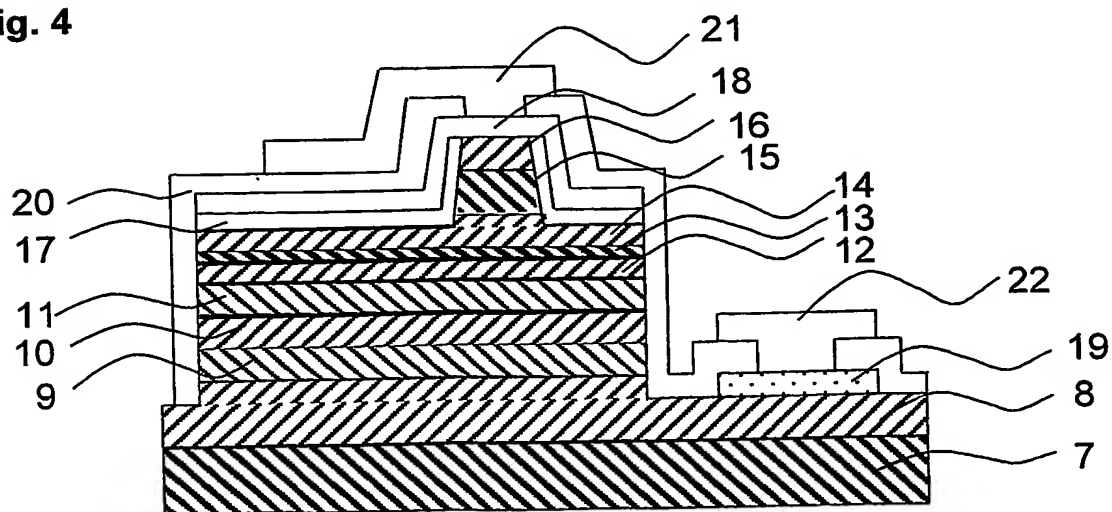


Fig. 4



Oznaczniki stosowane na załączonym rysunku Fig. 1 do 4:

1. podłoże pierwotne (płytki GaN, lub płytki z szafiru, spinelu, ZnO, SiC lub Si);
2. azotkowa warstwa buforowa;
3. azotkowa warstwa półprzewodnikowa (typu n);
4. warstwa maskująca;
5. Słupki z krystalicznego azotku posiadające powierzchnie podatne na boczne narastanie;
6. Powierzchnie podatne na boczne narastanie, zaznaczone podwójną linią;
7. Monokrystaliczna warstwa azotkowa otrzymana przez boczne narastanie.
8. warstwa podkontaktowa typu n;
9. warstwa zapobiegająca pęknięciom;
10. warstwa okładkowa (emiter) typu n;
11. warstwa falowodowa typu n;
12. obszar czynny;
13. warstwa ograniczająca;
14. warstwa falowodowa typu p;
15. warstwa okładkowa (emiter) typu p;
16. warstwa podkontaktowa typu p;
17. warstwa wypełniająca;
18. elektroda typu p;
19. elektroda typu n;
20. warstwa odbijająca promieniowanie;
21. pole kontaktowe typu p;
22. pole kontaktowe typu n.